№ 8 Warszawa, 25 sierpnia 1937 r. Rok XV

TECHNIKA CIEPLNA

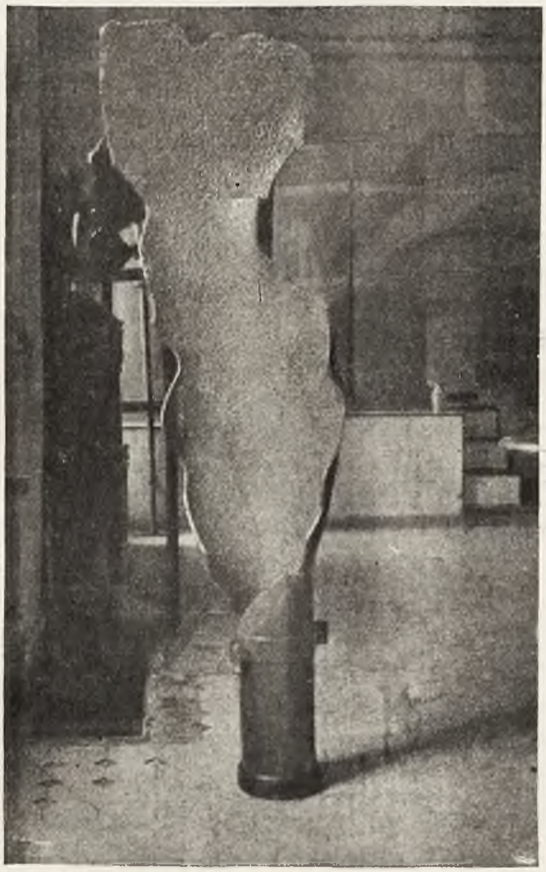
CZASOPISMO ZWIĄZKU STOWARZYSZEŃ DOZORU KOTŁÓW W POLSCE.

REDAKTOR: Inż. techn. JAN KOMARNICKI.
Wydawca: Związek Stowarzyszeń Dozoru Kotłów w Polsce.
REDAKCJA I ADMINISTRACJA: WARSZAWA, PIUSA XI, 32, m. 12. TEL. 8-81-47.
GODZINY BIUROWE ADMINISTRACJI — CODZIENNIE, OD 10 DO 15.

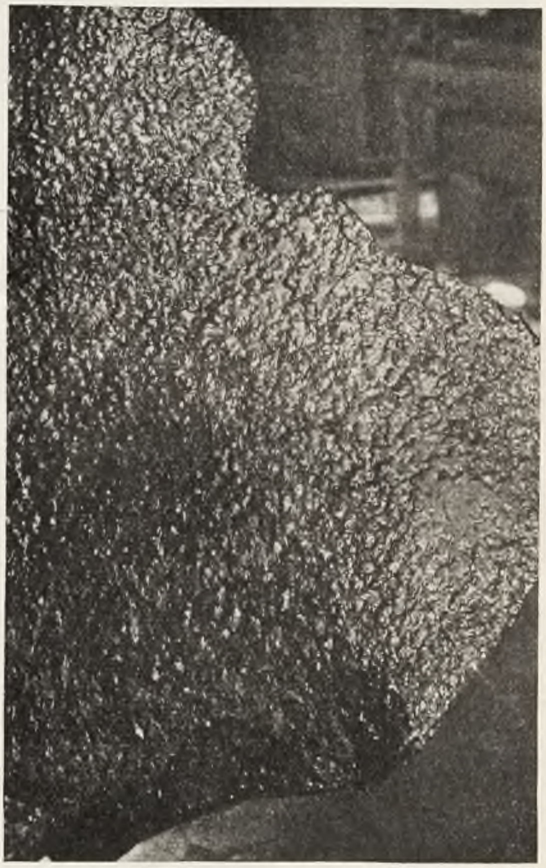
Inż. A. ELANDT

EKSPLOZJA BUTLI.

Na jednej z kopalń Górnego Śląska istnieje od roku 1916 instalacja syst. Lindego do wytwarzania płynnego powietrza względnie tlenu.



Rys. 1



Rys. 2

Instalacja ta składa się z 5-cio stopniowego kompresora o wydajności 330 *m³/godz.*, o ciśnieniu roboczym 200 *atn*, napędzanego maszyną parową, urządzenia do odprowadzania dwutlenku węgla i właściwego aparatu Lindego.

Urządzenie do osuszania powietrza tworzą 3 butle stalowe, połączone szeregowo, wypełnione chlorkiem wapnia, przez które przepływa powietrze o ciśnieniu roboczym 200 *atn*. Butle są zbiornikami stalowymi o średn. wewn. 180 *mm*, długości 2620 *mm* i grubości ścianek 10 *mm* i przymocowane są do ściany za pomocą 2-ch stalowych klamer.



Rys. 3

W dniu wypadku obsługa, badając instalację, usłyszała syczenie uchodzącego powietrza z butli, które się stopniowo wzmagało. Ponieważ to syczenie wydawało się podejrzanym, obsługa cofnęła się o parę metrów w bok i w chwilę później nastąpił wybuch jednej z butli (rys. 1). Płaszcz butli został rozdarty na ¾ długości, dno wysadzone w kierunku piwnicy, a butla siłą wybuchu wyrwana z klamer i odrzucona na podłogę hali o 4 metry od miejsca jej ustawienia. Na skutek detonacji wyleciało kilkanaście szyb w budynku; z obsługi nie poniósł nikt obrażeń.

Oględziny pękniętej butli, uwidocznionej na rys. 1, wykazały na jej wewnętrznej powierzchni bardzo silne wyżarcia o wyglądzie ospowatym (rys. 2. i 3) i głębokości do 7 mm, które spowodowały tak znaczne zmniejszenie grubości ścianki, że nastąpiło jej pęknięcie.

Wobec powyższego zarządzono przeprowadzenie próby wodnej pozostałych dwóch butli. W czasie próby wodnej, przy dojściu ciśnienia do ok. 225 *atn*, obie butle pękły w połowie długości płaszcza.

Z powyższego wynika, że zapas pewności butli wynosił w chwili wybuchu zaledwie 1,125. Urządzenie przed wypadkiem nie było zgłoszone do Stowarzyszenia Dozoru Kotłów.

Inż. T. MARYAŃSKI

PRACE ODDZIAŁU CIEPLNEGO STOWARZYSZENIA DOZORU KOTŁÓW W KATOWICACH.

OZNACZENIA:

Ne_1 — moc pobierana przez silnik
N_s — „ „ „ pompę
N_u — „ użyteczna pompy
η_p — sprawność pompy
η_z — „ zespołu
H_m — manometryczna wysokość podnoszenia.

Pomiary pomp odśrodkowych.

W jednym z zakładów wodociągowych zostały ustawione dwa zespoły pompowe każdy o wydajności 400 *l/sek* przy manometrycznej wysokości podnoszenia 7,5 *m st. w.* Pompy są jednostopniowe, typu półosiowego, z bocznym wlotem wody i spiralą na tłoczeniu. Do napędu pomp służą silniki trójfazowe 380 *V* 85,5 *A*; 44 *kW* i 720 *obr./min.*

Dostawca zespołów pompowych zagwarantował następujące liczby:

a) pompa

	Przy wydajności	
	300 *l/sek*	400 *l/sek*
Manometryczna wysokość podnoszenia *m st. w.* . .	10	7,5
Moc na sprzęgle pompy *KM*	52	50
Sprawność pompy . . %	77	80
Tolerancja dla sprawności pompy . . . . . . %	1	1
Największa wysokość ssania . . . . *m*	5	5

b) silnik

Moc stała *KM* 60

Sprawność silnika:

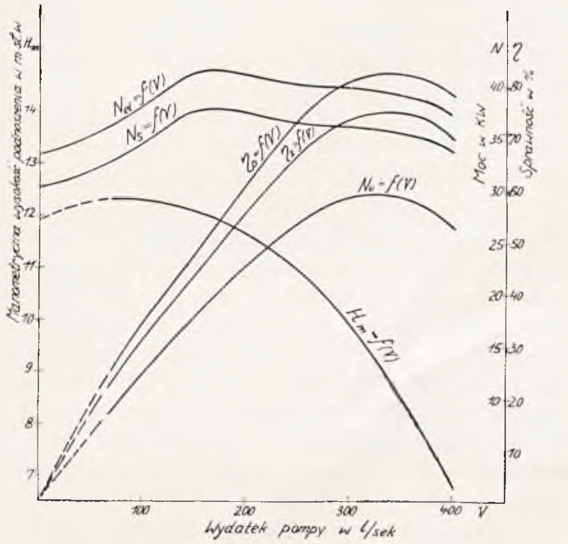
przy 4/4 obciążenia nominalnego $\eta = 9$[illegible]%
3/4 „ „ $\eta = 90,3\%$
2/4 „ „ $\eta = 90,0\%$

Wydajność pomp była mierzona wzorcowanymi rurami Venturi w rurociągach tłocznych. Podczas pomiaru mierzono spiętrzenia w rurach Venturi dla dużych zakresów rtęcią, dla mniejszych tetrachlorkiem węgla $C\ Cl_4$. Ciśnienie na ssaniu i tłoczeniu odczytywano na manometrach rtęciowych.

Podczas pomiarów stwierdzono, że przy wydajności poniżej 250 *l/sek* zachodziło przerywanie słupa wodnego w rurze ssącej oraz występowały uderzenia w pompie.

Na rys. 1 podane są krzywe charakterystyczne jednego z zespołów.

Przy wydajności 300 *l/sek* sprawność zespołu, jak widać z wykresu, wynosi 73,2% jest więc o 3,2% wyższa od gwarantowanej przy czym inne punkty gwarancji dla tej wydajności są dotrzymane. Przy wydajności

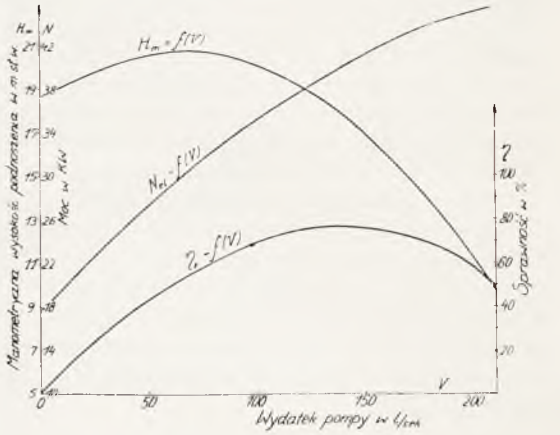


Rys. 1. Wykresy charakterystyczne pompy półosiowe dla $n = 720$ ***obr/min.***

400 *l/sek* sprawność zespołu jest utrzymana w granicach tolerancyj, jednak zmierzona wysokość manometryczna podnoszenia jest o 7,5 — 6,88 = 0,62 *m* niższa od gwarantowanej, co w wymienionym wypdku jest praktycznie bez znaczenia, ponieważ pompa będzie stale przy wydajności ok. 300 m^3/sek.

Jak widać z wykresu krzywe charakterystyczne badanej pompy mają inny przebieg niż przy pompach o promieniowym przepływie wody. Dla porównania podajemy poniżej typowe wykresy charakterystyczne pompy promieniowej i osiowej — rys. 2 i 3.

Pompy osiowe buduje się przeważnie dla dużej wydajności, a małej manometrycznej wysokości podnoszenia. Z wykresu dla pomp osiowych widać, że w przeciwieństwie do pomp promieniowych, moc na wale pompy dla wydajności zero jest największa i z rosnącą wydajnością krzywa mocy spada. Fakt ten, że przy zamkniętej zasuwie moc na wale pompy osiowej jest największa utrudnia rozruch. Wskutek tego też jest szybki spadek krzywej sprawności, który właśnie cechuje pompy osiowe. Można byłoby te zjawiska zmniejszyć przez zastosowanie łopatek obrotowych jak w turbinie Kaplan'a. Inną możliwością jest zastosowanie propellera półosio-

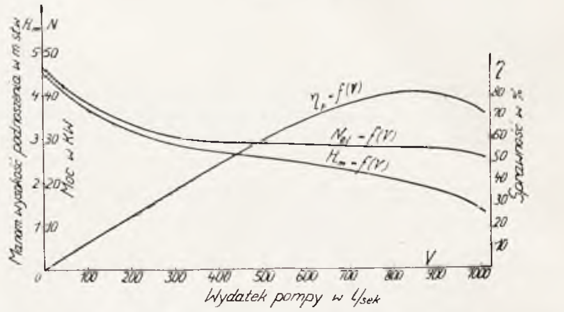


Rys. 2. Wykresy charakterystyczne pompy promieniowej.

wego, przy którym zużycie mocy przy wydatku zero jest mniejsze, niż w pompie osiowej. Badaną pompę należy zaliczyć do typu pomp półosiowych.

Zużycie mocy w tych pompach nie rośnie ciągle z wydajnością, lecz począwszy od pewnej wydajności krzywa mocy ze wzrostem jej opada.

Porównywując charakterystyki tych trzech rodzajów pomp należy zauważyć, że przy tej



Rys. 3. Wykresy charakterystyczne pompy osiowej

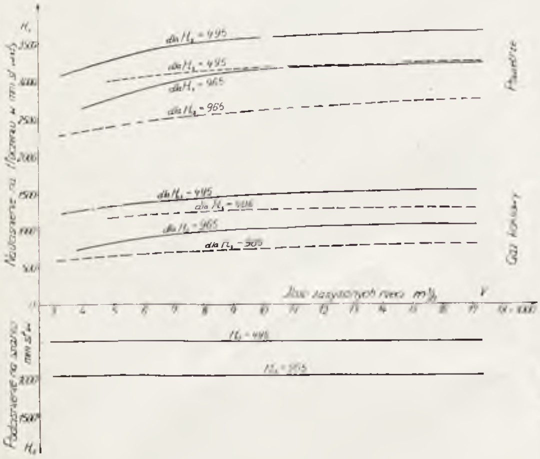
samej mocy nominalnej pomp, moc pobierana przy zamkniętej zasuwie jest różna, a zatem i rozrusznik silnika elektrycznego należy liczyć dla każdej z trzech pomp na różne momenty rozruchowe, przy tym dla pompy osiowej moment będzie największy, a dla promieniowej najmniejszy.

Pomiar turbodmuchawy na gaz koksowy.

Turbodmuchawa dwustopniowa o mocy nominalnej 200 *KM*, jest napędzana silnikiem elektrycznym o mocy 250 *KM*; 500 *V*, 338 *A*, i n = 2965 *obr/min.* Turbodmuchawa posiada dyfuzory na tłoczeniu każdego stopnia ciśnienia, które zostały wyjęte z nieznanych bliżej powodów przez montera dostawcy maszyny.

W normalnych warunkach pracy dmuchawa zasysa gaz koksowy z pieców i przez odsmalacz oraz płuczkę amoniaku wytłacza sprężony gaz do rurociągu. Bateria pieców przynależna do dmuchawy w tym czasie nie pracowała, wobec czego dmuchawa przy pomiarach zasysała powietrze przewodem ssącym z otoczenia i sprężała do przewodu tłoczącego. Ponieważ moc użyteczna dmuchawy była znacznie większa przy sprężaniu powietrza, przeto moc silnika nie wystarczała dla pobrania charakterystyk przy większych wydajnościach.

Wykonano dwa pomiary — jeden z zabudowanymi dyfuzorami, drugi — po wyjęciu dyfuzorów. Podczas pomiarów utrzymywano depresję na ssaniu na pewnym określonym poziomie i dla danej depresji mierzono nadciśnienie za dmuchawą oraz ilość powietrza wytłoczonego, którą przeliczono dla warunków na ssaniu.



Rys. 4. Charakterystyki turbodmuchawy z dyfuzorami i bez dyfuzorów przy różnych podciśnieniach na ssaniu i $n = 2950$ *obr/min.*, (bez dyfuzorów linie przerywane.

Charakterystyki pobrane dla powietrza przeliczono dla gazu koksowego o ciężarze właściwym $\gamma \left(\frac{0}{760}\right) = 0{,}620\ kg/m^3$, przyjmując, że dla tych samych depresyj na ssaniu całkowita wysokość sprężania (suma depresji i nadciśnienia) będzie zmniejszona w wypadku sprężania gazu w stosunku do ciężarów właściwych gazu do powietrza, czyli że całkowitą wysokość sprężania należy pomnożyć przez $\frac{0{,}620}{1{,}293} = 0{,}48$. Przy przeliczaniu nie został uwzględniony wpływ temperatury; popełniony jednak przez to błąd nie ma praktycznie większego znaczenia.

Na rys. 4 są podane krzywe nadciśnień na tłoczeniu przy różnych podciśnieniach na ssaniu i $n = 2950$ *obr/min.* Charakterystyki dmuchawy z zabudowanymi dyfuzorami oznaczono liniami ciągłymi, a bez dyfuzorów — przerywanymi. Podczas pomiaru z zabudowanymi dyfuzorami stwierdzono dużą skłonność maszyny do zjawiska tzw. „pompowania". Jest to zrozumiałe, ponieważ charakterystyki z dyfuzorami mają przebieg bardziej stromy, niż charakterystyki bez dyfuzorów. W wypadku pracy z dyfuzorami nie jest możliwa praca maszyny przy wydajnościach odpowiadających wznoszącemu się odcinkowi charakterystyki, ze względu na drgania maszyny i zaburzenia w przepływie czynnika.

Pomiar przeprowadzony bez dyfuzorów wykazał, że maszyna nie ma tendencji do drgań, jednak uzyskiwane sprężenia są niższe. Należy przypuszczać że przyczyną usunięcia dyfuzorów było to, że w istniejących swego czasu warunkach dmuchawa pracowała na wznoszącej się części charakterystyki, na której nie jest zapewniony spokojny bieg maszyny. Przez wyjęcie dyfuzorów nie tylko obniżono, lecz również złagodzono wzniesienie charakterystyki, a przez to zmniejszono skłonność maszyny do pompowania. Celem pomiarów było wyjaśnienie wpływu dyfuzorów, oraz określenie na podstawie charakterystyki dmuchawy możliwości jej pracy po przebudowaniu pieców.

Przyjmując, że opory pieców razem z rurociągami odpowiadają depresji przed dmuchawą równej *500 mm sł. w.*, a wydajność pieców wynosi 1200 m^3/h gazu, znajdujemy z charakterystyki, że w wypadku zabudowania dyfuzorów nadciśnienie na tłoczeniu wyniesie ok. 1500 *mm sł.* wody, lub ok. 1300 *mm sł.* wody bez dyfuzorów, przy tym w obu wypadkach dmuchawa będzie pracowała na wznoszącym się odcinku krzywej charakterystycznej.

Dmuchawa została zbudowana dla znacznie większej wydajności i w danych warunkach będzie pracowała nieekonomicznie, zwłaszcza, że dla zmniejszenia pompowania będą musiały być usunięte na stałe dyfuzory.

Pomiar przewodnictwa cieplnego izolacji rurociągów.

W jednej z elektrowni została wykonana izolacja rurociągów parowych masą izolacyjną okrzemkową. Dostawca masy izolacyjnej zagwarantowany współczynnik przewodnictwa cieplnego izolacji $\lambda = 0{,}0620\ kal/mh^0\ C$ przy temperaturze pary 400° C. W celu sprawdzenia, czy gwarancja została dotrzymana wykonano pomiar współczynnika przewodnictwa cieplnego izolacji przy pomocy ciepłomierza Schmidta, wykazującego stratę ciepła w kal/m^2h. Izolacja była wykonana na rurociągach wody zasilającej kotły, rurociągach pary nasyconej między walczakiem i przegrzewaczem oraz pary przegrzanej. Grubość izolacji wynosiła na rurociągach wody zasilającej 30 *mm*, na rurociągach pary przegrzanej 80 *mm*. Kołnierze rur nie były izolowane. Pomiary wykonano na rurociągach, znajdujących się wewnątrz budynków.

Współczynnik przewodnictwa cieplnego izolacji λ obliczono ze wzoru:

$$\lambda = \frac{W}{t_w - t_z} \cdot \frac{d_z}{2} \, ln \left(\frac{d_z}{d_w} \right) \; kal / mh^0C$$

gdzie oznacza:

W — straty cieplne rurociągu w *kal./m²h*, zmierzone ciepłomierzem t_w i t_z — temperaturę na wewnętrznej i zewnętrznej powierzchni izolacji w ^0C d_z i d_w — średnice zewnętrzną i wewnętrzną izolacji w *m*, *ln* — logarytm naturalny.

Temperatury izolacji mierzono termoparami srebro-konstantan. Wyniki pomiarów i przeliczeń podano w tabeli:

Miejsce pomiarowe	Średn. izolacji zewn. d_z	Średn. izolacji wewn d_w	Temperatura izolacji zewn. t_z	Temperatura izolacji wewn t_w	Temperatura otoczenia t_o	Średnia temp. izol. $t_{śr} = \frac{t_z + t_w}{2}$	Straty cieplne rurociągu W	Współcz. przewodnictwa cieplu. izol. zmierzony λ	Współcz. przewodnictwa cieplu. izol. gwarantowany λg	Przekroczenie gwaran. $\frac{\lambda - \lambda g}{\lambda g} \cdot 100$
	mm	*mm*	^0C	^0C	^0C	^0C	*kal/m²h*	*kal/mh⁰C*	*kal/mh⁰C*	%
Rurociąg pary przegrzanej	450	292	58,5	321,2	37,4	189,8	165,6	0,0612	0,0595	+ 2,9
Rurociąg pary nasyconej	282	160	60,9	196,3	54,0	128,6	83,1	0,0490	0,0550	— 10,9
Rurociąg wody zasilającej	150	90	46.7	117,0	34,1	81,8	74,4	0,0406	0,0517	— 21,5

Jak widać z tabeli zmierzony współczynnik przewodnictwa cieplnego izolacji zmienia się w zależności od średniej temperatury izolacji w granicach od 0,0406 do 0,0620 *kal/mh⁰C*. Dostawca zagwarantował spółczynnik przewodnictwa cieplnego izolacji λ = 0,0620 *kal/mh⁰C* przy temepraturze pary 400 stop.C. Ponieważ podczas pomiaru temperatura pary w rurociągach odbiegała od temperatury pary podanej w gwarancji, zwrócono się do dostawcy, aby podał jeszcze współczynnik przewodnictwa λ dla innej temperatury pary, w celu uzyskania przebiegu zmienności współczynnika przewodnictwa cieplnego w zależności od temperatury.

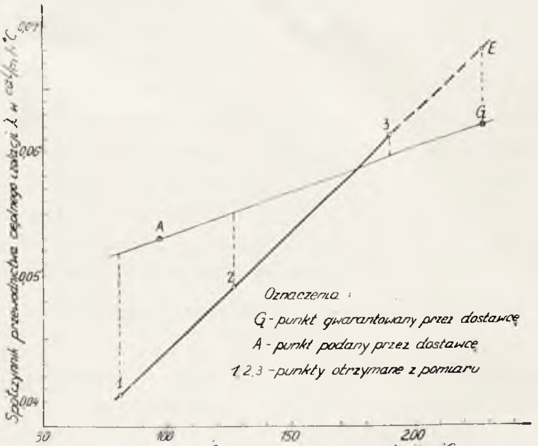
Dostawca podał dla temperatury pary 150⁰ *C* współczynnik przewodnictwa λ = 0,0530 *kal/mh⁰C*.

Na rys. 5 zaznaczono zmierzony i podany przez dostawcę przebieg zmienności współczynnika w zależności od średniej temperatury izolacji.

Średnią temperaturę izolacji dla punktu gwarantowanego przy temperaturze pary 400⁰ C obliczono, przyjmując temperaturę wewnętrzną izolacji mniejszą o 5⁰C od temperatury pary: 400 — 5 = 395⁰C, i temperaturę zewnętrzną izolacji — 60⁰ C; stąd średnia temperatura izolacji równa się $t_{śr} = \frac{395+60}{2} =$ = 227,5⁰ C. Podobnie dla temperatury pary 150⁰ C przyjęto temperaturę wewnętrzną izolacji 150 — 5 = 145⁰ C i temperaturę zewnętrzną izolacji 50⁰C, stąd $t_{śr} = \frac{145+50}{2} = 97{,}5^0$ *C*.

Mając podany przez dostawcę i zmierzony przebieg zmienności współczynnika λ w zależności od średnicy temperatury izolacji, określono procentowe odchyłki zmierzonego od podanego przez dostawcę, współczynnika λ, co wyżej w tabeli uwidoczniono.

Jak widać z tabeli, zmierzony współczynnik przewodnictwa cieplnego jest tylko na rurociągu pary przegrzanej większy o 2,9% od podanego przez dostawcę. Przez ekstrapolację wyników pomiarów na wykresie zaznaczono, że dla średniej temperatury izolacji 227,5⁰ C odpowiadającej punktowi gwarantowanemu współczynnik przewodnictwa cieplnego wynosiłby λ = 0,0680 *kal/mh⁰C*, czyli byłby większy o 9,7% od gwarantowanego.



Rys. 5. Wykres zmienności współczynnika przewodnictwa cieplnego izolacji — w zależności od średniej temperatury izolacji.

W związku z powyższym widać, że celem sprawdzenia, czy gwarancje zostały dotrzymane przez dostawcę przy różnych temperaturach czynnika przepływającego przez rurociąg, należy żądać przy zamawianiu izolacji gwarancji co do zmienności współczynnika przewodnictwa cieplnego materiału izolacyjnego w zależności od średniej temperatury izolacji, a nie od temperatury czynnika płynącego przez rurociąg.

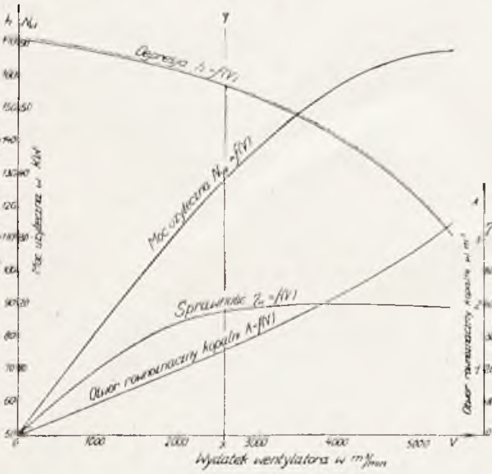
Normy niemieckie „Regeln für die Prü-

fung von Wärme — und Kälteschutzanlagen“ podają dla λ + 5% tolerancji przy jednorodnej izolacji i + 10% przy izolacji, składającej się z paru różnych warstw. Przy grubości izolacji poniżej 3 *cm* podwyższa się tolerancje do podwójnej wartości wyżej podanej.

Pomiar wentylatora kopalnianego.

Wentylator został zbudowany dla wydajności 3800 $m^3/min.$, przy depresji 200 *mm sł.* wody, co odpowiada równoznacznemu otworowi kopalni 1,70 m^2. Wentylator może zasysać powietrze z kopalni lub wtłaczać do kopalni. W normalnym ruchu wentylator zasysa powietrze z kopalni i w tych warunkach był wykonany pomiar. Wentylator zasysa powietrze z szybu przez odgałęziony od niego betonowy kanał, a wytłacza przez betonowy dyfuzor o wysokości 9,0 *m*. Do napędu wentylatora służy bezpośrednio z nim sprężony asynchroniczny silnik 316 *KW* i 490 *obr/min.*

Dostawca zagwarantował, że przy 490 *obr/min.* i depresji 200 *mm sł.* w. wydajność wentylatora będzie wynosiła 3800 m^3/min, a



Rys. 6. Wykresy charakterystyczne wentylatora kopalnianego.

zapotrzebowanie mocy na wale wentylatora nie przekroczy 250 *KM*, co odpowiada sprawności wentylatora 0,68.

W czasie pomiaru mierzono ilość wytłoczonego powietrza anemometrami u wylotu dyfuzora oraz depresję przed wentylatorem na króćcach dolotowych wentylatora. Wydajność wentylatora była zmieniana przez dławienie powietrza w kanale dolotowym.

Krzywe charakterystyczne z pomiaru wentylatora podane są na rys. 6.

Największa depresja, jaką zdołano osiągnąć przy wydajności zero, wynosiła 172 *mm sł. w.* Gdy wentylator pracuje bez dławienia, pokonując jedynie opory kopalni (linia X — Y na wykresie), wówczas wydajność wynosi 2570 $m^3/min.$ przy depresji 159 *mm sł. w.*, co odpowiada otworowi równoznacznemu kopalni 1,29 m^2.

Przy pracy na otwór równoznaczny kopalni A = 1,70 m^2 wydatek wentylatora wynosi ok. 3300 $m^3/min.$, przy depresji 150 *mm sł. w.*, zamiast gwarantowanych 3800 $m^3/min.$ przy depresji 200 *mm sł. w.* Z powyższego widać, że wentylator został zbudowany dla znacznie mniejszej depresji od przewidzianej w umowie zakupu.

Pomiar rozchodu sprężonego powietrza na kopalni.

W jednej z kopalń węgla na G. Śląsku przeprowadzono pomiar wydajności sprężarek i rozchodu powietrza pod ziemią i na powierzchni.

Wydobycie węgla wynosiło przeciętnie 3800 *t/ 16 h.* czyli 237 *t/h.* Rozchód pod ziemią powietrza sprężonego o ciśnieniu ok. 5,5 *atn* wynosił podczas dniówki wydobywczej 118 m^3/t, a średnio dla całej doby 150 m^3/t, odniesionych do stanu na ssaniu. Rozchód zmierzony podczas dniówki wydobywczej obejmuje zużycie powietrza przez maszyny napędzane sprężonym powietrzem i dysze wentylacyjne oraz straty wywołane nieszczelnościami. Chwilowy pomiar przeprowadzony w czasie, gdy narzędzia pneumatyczne były nieczynne wykazał, że ilość powietrza zużywanego przez dysze i nieszczelności wynosiła, licząc na dniówkę wydobywczą 87 m^3/t, lub średnio dla całej doby 130 m^3/t. Zużycie powietrza przez maszyny i narzędzia pneumatyczne wynosiło więc 118 — 87 = 31 m^3/t, lub odpowiednio 150 — 130 = 20 m^3/t.

Ponieważ ilość powietrza zużywana przez narzędzia pneumatyczne, wynosi zaledwie $\frac{31}{118} . 100 = 26\%$ całej zużywanej na dniówce wydobywczej ilości powietrza, należy jeszcze raz stwierdzić, że ten sposób wentylacji jest wysoce nieekonomiczny pod względem energetycznym. Jeżeli do sprężenia 1 m^3 powietrza do ciśnienia 5,5 *atn* potrzeba 0,085 *kWh*, to bezużyteczne straty energii na 1 tonę węgla wynoszą 87 . 0,085 = 7,4 *kWh/t* na samej dniówce wydobywczej, a dla całej doby 130 . 0,085 = 11,0 *kWh/t*. Zaniechanie wentylacji przy pomocy sprężonego powietrza i zastosowanie wentylacji kopalni przy pomocy niskoprężnych wentylatorów mogłoby, jak widać, dać poważne oszczędności w zużyciu energii. Zmierzone zużycie powietrza przez sortownie i płuczkę na 1 tonę wydobytego węgla wynosiło 21,3 m^3, w tym straty nieszczelności wynosiły 4,7 m^3/t, czyli $\frac{4,7}{21,3} . 100 = 22\%$.

Wyniki badania ilości oraz stopnia zanieczyszczenia wód, oddawanych do rzeki Rawy.

W roku sprawozdawczym ukończono pomiary wód, oddawanych do rzeki Rawy przez zakłady przemysłowe i gminy, będące człon-

kami Związku Rawy. Wyniki tych pomiarów i analiz mają być podstawą przy wyznaczaniu opłat za oddawaną wodę przez poszczególne zakłady do rzeki Rawy. Wysokość opłaty za oddawaną wodę jest proporcjonalna do iloczynu z ilości rzeczywiście oddawanej wody przez współczynnik zanieczyszczenia. Całość obejmowała 46 punktów pomiarowych w 22 zakładach, oraz ok. 120 analiz wody. W sprawozdaniu z roku 1935[1]) opisano szczegółowo metody pomiarowe, oraz sposób obliczania stopnia zanieczyszczenia wód: w niniejszej notatce omówione będą wyniki pomiarów i analiz wód oddawanych do rzeki Rawy przez pewne kategorie zakładów, które podzielono na: 1) kopalnie, 2) huty, 3) gminy i 4) różne.

1) Naogół ilości wody oddawane dziennie przez kopalnie nie ulegają większym zmianom, jednak zazwyczaj w porze nocnej kopalnie oddają większe ilości wody. To samo dotyczy zanieczyszczenia wód kopalnianych, których stopień zanieczyszczenia mało się zmienia i jest prawie stały dla wszystkich wód kopalnianych. Badane przez nas wody kopalniane na Śląsku odznaczają się naogół dużą twardością, bo dochodzącą nawet do 130° niemieckich; są jednak kopalnie, gdzie twardość wód nie przekracza 20° niem. Dla wszystkich prawie kopalń współczynnik zanieczyszczenia dotyczył tylko zawiesiny drobnej, twardości i zawartości substancji rozpuszczonych w wodzie; wartości innych zanieczyszczeń leżały poniżej granic, od których są pobierane opłaty. Wody te nie zawierają przeważnie zawiesiny grubej, są obojętne, o małej utlenialności i bez gnilności. Ogółem kopalnie oddają do rzeki Rawy średnio 1650 m^3/h wody o średnim współczynniku zanieczyszczenia 1,3.

2) Huty oddają do Rawy 1100 m^3/h wody; współczynnik zanieczyszczenia tej wody waha się w pewnych granicach, przy czym cynkownie oddają małe ilości wody i o małym naogół zanieczyszczeniu. Huty żelaza jako duże zakłady oddają największe ilości wód o współczynniku zanieczyszczenia ok. 1,6. Są to wody obojętne o dużej zawartości tlenków metali ciężkich i małej utlenialności. Ponieważ niektóre huty są zakładami o dużym skupieniu ludzi, wskutek tego ścieki ich wykazują utlenialność i gnilność.

3) stosunkowo najbardziej Rawę zanieczyszczają gminy, chociaż oddają one małe ilości wody. Zmierzone ilości wody oddawanej do Rawy przez gminy wynoszą ok. 100 m^3/h jednak o współczynniku zanieczyszczenia 8. Wody te o charakterze zasadowym, twardości ogólnej ok. 30° niem, zawierają dużą utlenialność i gnilność. Można powiedzieć, że przemysł mniej stosunkowo zanieczyszcza Rawę, niż gminy.

4) Z innych zakładów cegielnie oddają wodę o bardzo małym współczynniku zanieczyszczenia. W jednym specjalnym zakładzie chemicznym przemysłu nieorganicznego stwierdzono bardzo duży współczynnik zanieczyszczenia wody; wynosił o 16. Woda zawierała bardo duże ilości tlenków metali ciężkich, wynoszące ok. 30000 mg/l i bardzo dużą zawartość soli — 78000 mg/l. Te zakłady chociaż oddają do Rawy znikome ilości wody, bardzo jednak zanieczyszczają rzekę. Inna fabryka chemiczna, przerabiająca związki organiczne, też oddaje wodę o bardzo dużym współczynniku zanieczyszczenia, wynoszącym 7,1 z powodu dużej utlenialności (1700 mgO_2/l), jednak pozbawioną gnilności.

Przeprowadzone pomiary pozwalają Związkowi Rawy zdać sobie sprawę z istniejącego stanu faktycznego i odpowiednio podzielić wydatki ponoszone przez Związek na roboty regulacyjne pomiędzy wszystkich udziałowców.

(Dok. nast.).

[1]) Por. Technika Cieplna, 1936, str. 125.

Inż. Z. RYCHLIK.

PRACE ODDZIAŁU ELEKTROTECHNICZNEGO STOWARZYSZENIA DOZORU KOTŁÓW W KATOWICACH.

I. Śmierć przy czyszczeniu rozdzielni prądu trójfazowego 6000 V.

W rozdzielni 6000 V na podstacji zarządzono czyszczenie łączników i izolatorów. Werkmistrz ruchu elektrycznego był obecny podczas wyłączania pierwszego pola, po czym pouczył wyznaczonych do tej pracy monterów i ślusarzy, że w tym polu mogą pracować, że natomiast sąsiednie pole znajduje się pod napięciem. Pole to można było wyłączyć dopiero po oddaniu do ruchu pola pierwszego. Po ukończeniu prac w pierwszym polu ok. godz. 8-ej posłał kierujący robotą monter Z. jednego z robotników po materiał oraz celem zawiadomienia mistrza, a w rozdzielni pozostał sam z pomocnikiem S., który nie był wprawdzie kwalifikowanym elektromonterem, ale pomagał już nieraz przy podobnych czynnościach. S. odznaczał się wielką gorli-

wością i po ukończeniu prac w pierwszym polu przystawił sobie drabinkę do drugiego pola i mimo ostrzeżenia Z., że pole jest jeszcze pod napięciem otworzył kraty specjalnym kluczem i zabrał się do omiatania. Na powtórne ostrzeżenie Z. nie zwrócił również uwagi, sądząc, że zdoła obmieść półki bez zetknięcia z izolatorami. W omiatanej komórce znajdowały się odłączniki w stanie otwartym, ale zarówno dolne, jak i górne zaciski były pod napięciem. Mimo ostrożności Z. dotknął łokciem zacisków pod napięciem, i spowodował zwarcie do ziemi i między fazami. S. odniósł oparzenia na głowie, rękach i piersiach, oraz spadł martwy z drabinki.

Przyczyna wypadku była lekkomyślność S., który mimo kilkakrotnych ostrzeżeń i wbrew rozkazowi rozpoczął czyszczenie urządzeń elektrycznych wysokiego napięcia pod napięciem.

2. Poparzenie od prądu trójfazowego 6000 V.

Wypadek nastąpił w poniedziałek ok. godz. 8-ej rano w rozdzielni 6 *kV* na podstacji. W podstacji tej miały być sprawdzone i nastawione przekaźniki na wyłączniku olejowym 6 *kV*. Roboty te powierzone zostały technikowi K., i elektromonterowi F.. którzy zabrali aparat do badania przekaźników i udali się do podstacji. Wymienieni pracowali już w tej podstacji w ubiegłą sobotę, jednak robót nie ukończyli. K. odchodząc w sobotę do pracy, załączył odłącznik przed wyłącznikiem od strony szyn zbiorczych, jak również za wyłącznikiem od strony kabla, nie łącząc jednak samego wyłącznika. Ponieważ kabel był bez napięcia znalazły się pod napięciem tylko zaciski wyłącznika od strony szyn zbiorczych (z przodu). Do poniedziałku stan ten pozostawał bez zmiany.

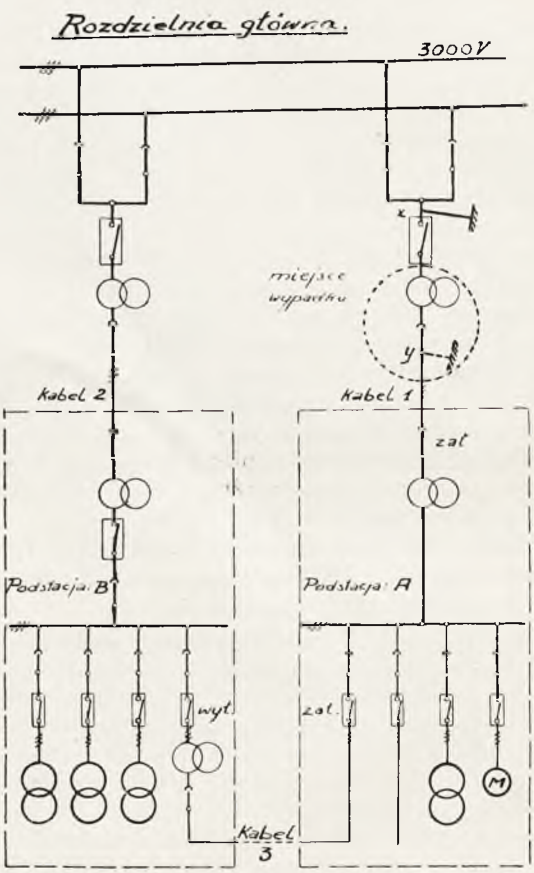
W poniedziałek K. nie wyłączył odłączników i kazał F. łączyć aparat do badania przekaźników. F. również nie obejrzał stanu odłączników, jakkolwiek był kwalifikowanym elektromonterem, ale odrazu otworzył przykrywę wyłącznika i zabrał się do łączenia. Kiedy dotknął się zacisków kluczem do śrub otrzymał uderzenie prądowe, które go zamroczyło, tak iż wypuścił klucz z ręki i stał przez krótką chwilę nieruchomo. Dopiero wtedy wyłączono odłączniki, po czym obaj pracowali dalej do końca dniówki. Jedynie F. wyszedł na chwilę celem opatrzenia swoich nieznacznych zresztą poparzeń na prawej dłoni i poniżej lewego łokcia, w miejscu, którem opierał się o konstrukcję żelazną. Po kilku dniach F. udał się jednak do szpitala, gdzie przebywał przez pewien czas.

Należy zauważyć, że prądy doziemne omawianej sieci 6 *kV* są kompensowane zapomocą transformatora Baucha, do wysokości ok. 4 *A*. W wypadku poprzednim (Nr. 1) sieć 6 *kV* była również kompensowana zapomocą transformatora Baucha, do wysokości ok. 4 *A*.

Przyczyną wypadku jest po części obce, a po części własne przewinienie, F. bowiem jako kwalifikowany elektromonter winien był przekonać się przed przystąpieniem do pracy, czy wszystkie części są bez napięcia.

3. Śmierć przy montażu w rozdzielni 3 kV.

Wypadek wydarzył się w rozdzielni 3000 *V*, której schemat przedstawiony jest na szkicu obok. (rys. 1). Rozdzielnia posiadała podwójny system szyn zbiorczych i większą ilość odgałęzień, z których na szkicu zaznaczono tylko 2 mające styczność z wypadkiem. Ostat-



Rys. 1

nie pole tej rozdzielni zasilało kabel prowadzący do podstacji. W podstacji A kabel ten wyposażony był jedynie w odłączniki, natomiast wszystkie odgałęzienia wyposażone były w odłączniki i wyłączniki olejowe. Odgałęzienia te prowadziły, jak widać ze schematu, do silnika wysokiego napięcia, transformatora do światła i kabla zapasowego do podstacji B. Podstacja B. zasilała ważne odbiory, a ponieważ sama zasilana była kablem cynkowym (2), potrzebna była często rezerwa w postaci kabla zapasowego z podstacji A. W tym celu kabel 3 był stale pod napięciem, załączony w podstacji A, i w razie potrzeby załączano go szyb-

ko w podstacji B. Szczegóły te były znane wszystkim dozorcom i starszym monterom zakładu, a poza tym dokładny schemat, podobny do podanego na szkicu, wisiał na drzwiczkach kabla 3 w rozdzielni B.

Kabel 1 zasilany był czasowo zapomocą łącznika sąsiedniego pola rozdzielni głównej, gdyż jego własny łącznik był uszkodzony. Po naprawie uszkodzenia otrzymał elektromonter P. zlecenie przełączenia kabla do właściwej komórki. Robota miała być wykonana w niedzielę i miała polegać na zabudowaniu transformatorków prądowych i odłączników. W tym celu monter P. wraz z zastępcą mistrza W. wyłączyli kabel z pod napięcia, uziemili go w miejscu X (por. schemat) i powiesili na łączniku tabliczkę ostrzegawczą, następnie zaś udali się do podstacji A, odłączyli tam transformator do światła który mógł przenieść napięcie wtórne od strony niskiego napięcia, i zabezpieczyli go przed załączeniem. Inne kable i odgałezienia pozostały bez zmiany. W ten sposób podstacja A, jak również kabel 1, zostały pozbawione napięcia, co sprawdzono zapomocą stosownego aparatu, poczem elektromonter P. zabrał się do pracy.

Jakkolwiek w takim układzie połączeń nie było powodu do wypadku, to jednak nie wszystkie połączenia wykonane były bez zarzutu. Przede wszystkim niewiadomo dlaczego nie wyłączono odłączników kabla 1 w podstacji A; również w tej samej podstacji nie wyłączono kabla 2, chociaż napis na drzwiczkach tej rozdzielni głosił wyraźnie, że należy i ten kabel wyłączyć. Wreszcie sposób wykonania uziemienia nie był właściwy: monter P. pracował bowiem tuż obok wyłącznika, którego zaciski uziemił i bez jego wiedzy nikt nie mógł tego łącznika załączyć, natomiast kabel, na którym pracował, mógł otrzymać napięcie z przeciwnej strony bez jego wiedzy, i ten kabel należało uziemić w miejscu pracy (y). Niestety P. nie przewidział tej ewentualności, a właśnie taka ewentualność wydarzyła się niebawem. Mianowicie ok. godz. 8-ej zgłosili się robotnicy z warsztatu, którzy zażądali uruchomienia silnika 3 *kV*, zasilanego z podstacji 3 *kV*. Chcąc im to umożliwić nie załączając kabla 1, postanowił werkmistrz uruchomić kabel 3, i w tym celu poszedł wraz ze swym zastępcą W., aby załączyć ten kabel w podstacji B. Po załaczeniu zarówno silnik 3 *kV*, jak i cała rozdzielnia w podstacji B wraz z kablem, na którym pracował P., znalazła się pod napięciem, i P., dotknąwszy przypadkiem przy pracy zacisku został porażony i zabity prądem elektrycznym.

4. Ciężkie poparzenie na linii napowietrznej od prądu trójfazowego 3000 V.

11-letni J. bawił się wraz z rówieśnikami w sąsiedztwie linii napowietrznej 3000 *V*. W pewnej chwili wlazł z nieznanej bliżej przyczyny na słup kratowy żelazny tej linii i, siedząc na kracie żelaznej, chwycił gołemi rękami za przewód pod napięciem. J. poparzył się ciężko i spadł ze słupa, po czym odwieziony został do szpitala.

Linia elektryczna wykonana była prawidłowo, przyczyną wypadku jest lekkomyślność porażonego.

5. Poparzenie od lampy przy prądzie trójfazowym 500 *V*.

Wypadkowi uległ elektromonter N. przy sprawdzaniu bezpieczników o napięciu 500 *V* w okapturzonej rozdzielni na sortowni. N. użył w tym celu lampy probierczej na 220 *V*, którą przyłączył do zacisków 500 *V*. Nastąpiła eksplozja lampy oraz poparzenie nieuważnego elektromontera na prawej ręce i palcu lewej ręki.

Przyczyna wypadku była nieuwaga poszkodowanego, który wziął lampę 220 *V* do sprawdzenia bezpieczników 500 *V*. Swiadczy to też źle o fachowych wiadomościach N., który nie był właściwie elektromonterem, ale pełniącym funkcje elektromontera „elektrykarzem".

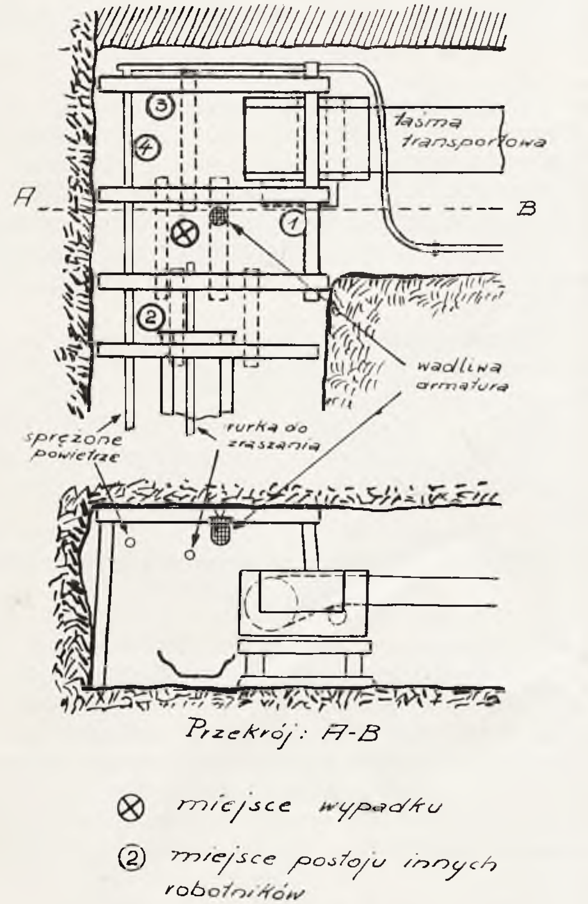
6. Śmierć i poparzenie od armatury przy prądzie zmiennym 220 *V*.

Wypadek wydarzył się w kopalni pod ziemią w czasie nocnej zmiany. Korzystając z przerwy w robotach górniczych pracowało kilku cieśli i ślusarzy nad ustawieniem i poprawieniem rynny potrząsalnej oraz urządzeniem do zraszania w miejscu, gdzie urobek wysypuje się z taśmy transportowej na rynnę potrząsalną. W tym dość ciasnym miejscu zgrupowanych było kilku robotników. Jeden z nich H. montował rurkę do zraszania i manewrował nią w ciasnej przestrzeni, inni montowali rynnę i t. p. Miejsce pracy oświetlone było lampą 220 *V* odgałęzioną od wyłącznika umieszczonego obok silnika napędowego taśmy transportowej i zawieszoną na wysokości ok. 2,10 *m*. Podczas manewrowania rurką uderzył H. tak nieszczęśliwie w armaturę oświetleniową, że dotknął rurką części pod napięciem, a lampka spadła na niego. H. przewrócił się, a wraz z nim kilku innych robotników, z którymi się stykał, lub którzy pracowali w najbliższym sąsiedztwie.

F. doznał lekkiego wstrząsu przez rynnę potrząsalną; G. otrzymał uderzenie prądowe przez rurkę powietrzną, a I. od tej samej rurki do zraszania co H, lub przez jego ciało. (Por. szkic rys. 2). Podczas jednak gdy tamci trzej uwolnili się zaraz od napięcia, H, nie ruszał się, a na jego piersiach leżała armatura, która zresztą świeciła dalej. Dopiero po ostrożnym usunięciu lampy przekonano

się, że H. jest nieprzytomny i rozpoczęto ratowanie, niestety bez wyniku. Należy zauważyć, że miejsce wypadku było obficie zroszone kapiącą słoną wodą, a pracujący byli silnie spoceni. Mimo to tylko jeden z nich, który najdłużej pozostawał pod działaniem prądu, poniósł śmierć.

Armatura zasilana była napięciem 220 *V* od transformatora 3000/220 *V*, zasilającego



Rys. 2

również wrębówkę i silnik napędowy taśmy gumowej. Stan izolacji sieci był dobry, z wyjątkiem odgałęzienia do lampy, które nie było również zabezpieczone bezpiecznikami. Punkt zerowy transformatora był połączony z ziemią zapomocą tzw. bezpiecznika przeskokowego.

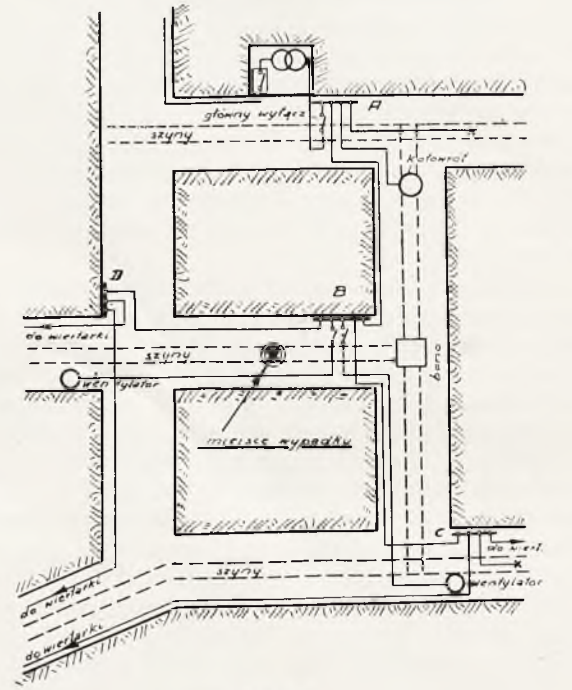
Sama armatura oświetleniowa nie była w porządku, a mianowicie brak było pierścionka porcelanowego, ochronnego wszystkie części oprawki były zbyt luźno poskręcane z armaturą, a kosz druciany przywiązany drutem prowizorycznie. Dyżurny elektrykarz poprawiał niedawno instalację oświetlenia, ale nie mógł zrobić nic więcej z powodu braku materiału.

Przyczyną wypadku był wadliwy stan armatury oraz nieszczęśliwy zbieg okoliczności w warunkach ruchowych.

7. Śmierć w kopalni pod ziemią od prądu trójfazowego 125 V.

Wypadek śmiertelny ładowacza B. wydarzył się w kopalni pod ziemią w dość tajemniczych okolicznościach, dzięki jednak natychmiastowemu podjęciu dochodzeń na miejscu, udało się ustalić właściwą przyczynę wypadku. Wypadek wydarzył się podczas robót górniczych, przy których posługiwano się wiertarkami elektrycznymi, uważano go więc od początku za elektryczny, t. j. spowodowany przez porażenie prądem elektrycznym, nie można było jednak wskazać źródła porażenia, mimo iż wydarzył się w obecności kilku świadków, których zeznania były zgodne i nie podlegające wątpliwości.

W omawianej kopalni jako niebezpiecznej



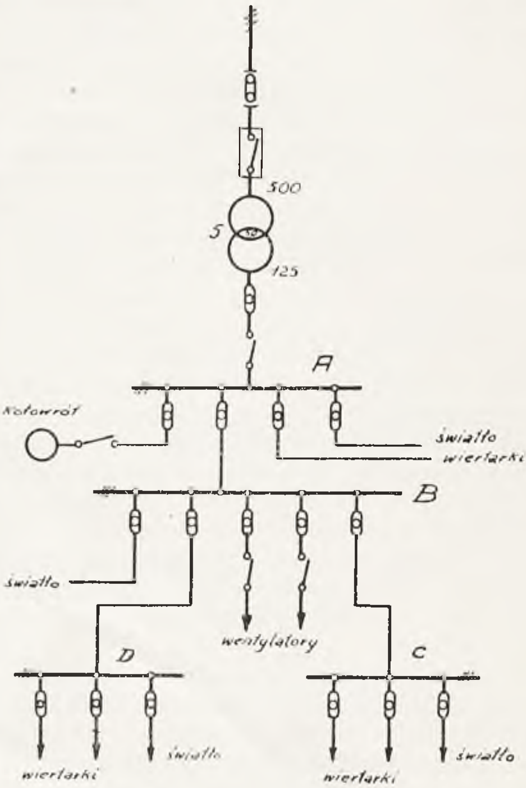
Rys. 3

pod względem wybuchowym urządzenia elektryczne wykonane były dosyć starannie, a chociaż stan izolacji kabli i maszyn pozostawiał z powodu panującej stale wilgoci dużo do życzenia, to jednak podczas badania nie stwierdzono żadnego wyraźnego zwarcia, do ziemi, któreby mogło być przyczyną śmiertelnego porażenia. Przebieg wypadku był następujący. Wiertarka rębacza W. elektryzowała. Wobec tego odłączono ją od sieci i wezwano elektrykarza dla naprawy, rębacz W. zaś pożyczył sobie wiertarkę od sąsiedniego rębacza. przeciągając dość długi kabel gumowy do swego miejsca pracy. (por. szkic rys. Nr. 3). W rejonie tym było zainstalowanych kilka wiertarek i dość dużo innych urządzeń elektrycznych (kołowroty, wentylatory lutniowe, oświetlenie), jak to wykazuje podany schemat połączeń (rys. 4). Wiertarka pracowała zado-

walająco, w pewnej chwili jednak zauważyli robotnicy, zwłaszcza znajdujący się w pobliżu tabliczki B., że różne przedmioty elektryzują; nawet robotnik obsługujący kołowrót w upadowej poczuł na dźwigni nastawnika czy też hamulca napięcie i pobiegł na dół sprawdzić, skąd to przychodzi. Na pomoście żelaznym, leżącym w opadowej na skrzyżowaniu z chodnikiem, zauważono iskrzenie. Robotnicy próbowali wyłączyć po kolei różne odbiorniki, wentylatorki lutniowe i t. p., sądząc, że stąd pochodzi napięcie, jednak bez rezultatu. Jeden z nich, idąc wzdłuż chodnika obok tabliczki rozdzielczej B, potknął się i upadł na szyny kolejki, przy czym twarzą dotknął szyny, a ręką wilgotnej ziemi i został w tym położeniu porażony prądem elektrycznym. Szyna zatem znalazła się pod napięciem, co zresztą stwierdziły również zeznania świadków i musiała być od ziemi dostatecznie izolowana przez progi drewniane. Żaden z obecnych nie miał odwagi zabrać się do ratowania porażonego, najodważniejszy pobiegł jedynie po dozorcę upadową do góry. Dopiero kiedy dozorca wyłączył łącznik główny, znajdujący się w A przy transformatorze, ustały objawy elektryzowania i podniesiono porażonego. Próby ratowania nie dały już po tak długim czasie rezultatu, a wypadek zrobił na pracujących górnikach tak silne wrażenie, że wzdragali się od dalszej pracy na tym terenie. Co więcej, jeden z nich w złości porąbał siekierą na kawałki gumowy kabel wiertarkowy.

Miejsce wypadku zostało przez kopalnię zabezpieczone i na drugi dzień podjęto badanie przyczyn wypadku. Poza opisanym wyżej stanem faktycznym stwierdzono, że kabel gumowy odgałęziony na tabliczce rozdzielczej C nosi ślady uszkodzenia jak gdyby od przejechania wózkiem. Prawdopodobnie więc ktoryś z robotników najechał ciężkim wózkiem naładowanym węglem na zwisający kabel gumowy i uszkodził jego izolację gumową, tworząc w ten sposób zwarcie jednej fazy z szyną; kabel zakleszczył się następnie pod wózkiem i elektryzował w ten sposób szynę i wszystkie połączone z nią przedmioty. Szyna natomiast nie miała bezpośredniego styku z ziemią i dlatego napięcie nie spadło do zera, ale utrzymywało się na wysokości niebezpiecznej. Napięcie zmierzone w 3 fazach wynosiło do ziemi 58 *V* 75 *V i* 80*V*. i tej wysokości napięcie musiał otrzymać porażony B. Przy dość długim czasie działania napięcie takie mogło mieć śmiertelne następstwa. Punkt zerowy transformatora nie był uziemiony.

Przyczyną porażenia był przypadek oraz zbieg różnych nieszczęśliwych okoliczności. Jedną z tych okoliczności był fakt, że B. upadł na szynę, przy czym jedna ręka dostała się pod szynę, wskutek czego nie mógł samodzielnie wyzwolić się z napięcia. Drugą fatalną okolicznością było przejechanie kabla. Kable wogóle, a oponowe w szczególności winny być zawieszane zawsze u góry, aby nie były narażone na uszkodzenia od spadających skał lub od wózków. Jasną jest rzeczą, że kabel oponowy może nie wytrzymać tego rodzaju naprężeń, choćby nawet podczas prób wykonywanych w



Rys. 4

fabryce, wytrzymał taką próbę bez uszkodzeń. Jakkolwiek więc rozgoryczenie robotników skupiło się na kablu jako przyczynie nieszczęścia, to jednak przede wszystkim niedbałe założenie kabla z dużym zwisem ponad szynami kolejki przyczyniło się do wypadku.

8. Przedwczesny wybuch zapalnika.

Na żądanie władz górniczych zostało przeprowadzone badanie śmiertelnego wypadku, jaki miał miejsce przy używaniu elektrycznych zapalników do strzelania w kopalniach pod ziemią. Badanie dotyczyło stwierdzenia, czy istnieją na kopalni prądy błądzące, któreby były w stanie spowodować przedwczesny wybuch zapalnika elektrycznego. Zapalniki te są bowiem bardzo wrażliwe już na bardzo małe natężenia prądu elektrycznego i mogą wybuchnąć już nawet przy przypadkowym włączeniu go w obwód prądów błądzących, co może mieć miejsce np. wtedy, gdy jeden biegun (drucik) zapalnika leży na ziemi drugi zaś dotknie jakiegoś przedmiotu metalowego, np. szyny kolejkowej, rury do zraszania, płaszcza kablowego lub t. p. O ile ten przedmiot znajdu-

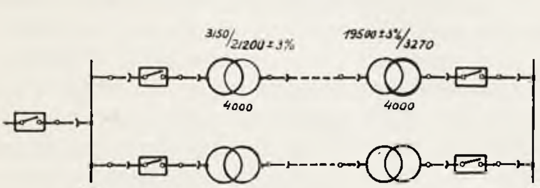
je się pod napięciem względem ziemi, to może spowodować na oporze zapalnika prąd niebezpieczny.

Podczas badania mierzono napięcia prądu stałego pochodzące od kolejki elektrycznej, oraz sprawdzono izolację przewodów zasilających wiertarkę ręczną. Napięcia pochodzące od kolejki dochodziły do 0,6 *V* pomiędzy rurką do zraszania a korpusem wiertarki, a więc były bardzo małe. Stan izolacji poszczególnych żył kabla wiertarkowego do ziemi wynosił 30 do 40.000 *omów*. Są to wielkości mniejsze niż wymagane przez przepisy, które wymagają takiej izolacji, aby upływ prądu był mniejszy od 1 *mA*. W danym wypadku przy napięciu 127 *V* i uziemionym punkcie zerowym upływ wynosił ok. 1,8 do 2,4 *mA* na fazę. Chodziło jeszcze o stwierdzenie, czy tej wielkości prąd lub napięcie jest w stanie zapalić zapalnik. Zapalniki te badano w laboratorium i okazało się, że normalnie potrzebują one do odpalenia przeciętnie 18 *V i* 5 *mA*. Tego typu zapalnik nie może zatem wybuchnąć w warunkach badanych kopalni. Okazało się jednak, że między zapalnikami normalnymi trafiają się egzemplarze, których zapłon następował już przy około 1 *V* i ok. 0,5 *mA*. Taki zapalnik mógłby naturalnie już spowodować przedwczesny wybuch przy prądach i napięciach istniejących w filarze.

Powyżej opisane badanie nie dowodzi, iż badany wypadek spowodowany został przez prądy błądzące, ale nie wyklucza tej możliwości, która istnieje przy niekorzystnym zbiegu okoliczności. Dla uniknięcia tej ewentualności należy zwrócić uwagę na stan izolacji urządzeń elektrycznych, oraz na równomierny materiał zapalników. Dużą ochronę stanowić może również stosowanie zwieraczy przy zakładaniu zapalników.

9 Pomiary 4 transformatorów po 4000 kVA.

Przedmiotem pomiaru były 4 transformatory jednakowej wielkości, dostarczone przez krajową fabrykę transformatorów dla jednej



Rys. 5

z tutejszych elektrowni. Dwa z pośród tych transformatorów przeznaczone do ustawienia w elektrowni zamówione zostały na napięcia 21200 + 3%/3150 *V*, 2 inne przeznaczone dla odbiorcy na napięcia 19500 ± 3%/3270 *V*. Odnośne natężenia prądu wynosiły zatem dla elektrowni 109/733 *A* a odbiorcy 118/710 *A*, połączenie wszystkich transformatorów *Y d* 5, napięcia zwarcia 6,9% wzgl. 6,77%, 50 okresów. Transformatory przeznaczone dla elektrowni będziemy oznaczać przez *E*, przeznaczone dla odbiorcy przez 0. Transformatory połączone były po 2 zapomocą kabla o napięciu roboczym 20 *kV* długości ok. 4,5 *km* (por. rys. 5), tworzący w ten sposób 2 równoległe linie zasilające. Transformatory badane były na miejscu ustawienia.

Wykonano badania gwarancyjne wszystkich transformatorów, przy czym przeprowadzone były następujące próby i pomiary.

A Pomiary oporów na zimno.

Pomiar wykonano przy 2 transformatorach zapomocą mostka Thomsona przy pozostałych amperomierzem i woltomierzem.

B. Pomiar przekładni wykonano niskim napięciem w biegu nieobciążonym przy pomocy woltomierzy odczytywanych równocześnie na wszystkich fazach. Po uwzględnieniu poprawek woltomierzy otrzymano przekładnię dla wszystkich transformatorów i wszystkich zaczepów wyższą od gwarantowanej w granicach od 0,1 do 0,5%.

C. Pomiary strat w żelazie. Do pomiaru uruchomione zostało w elektrowni osobne źródło prądu, którego częstotliwość i napięcie były dokładnie nastawione. Do regulacji napięcia w elektrowni służył opornik regulacyjny ustawiony tuż obok transformatora, dla transformatorów u odbiorcy regulowano napięcie za pośrednictwem telefonów ustawionych tuż obok miejsca pomiaru i w turbinowni. Te same telefony służyły też do wydawania dyspozycji co do łączenia transformatorów przy dalszych pomiarach i t. p.

Pomiary strat zostały wykonane przy pomocy precyzyjnych transformatorków mierniczych, których uchybienia były dokładnie znane, wszelkie poprawki zostały przy tym uwzględnione z dokładnością do ułamka procentu.

Straty w żelazie wynosiły od 14 *kW* do 15,1 *kW* przy $\cos\varphi = 0.11$. Gwarancje zostały przekroczone o 13,8 do 19,8%.

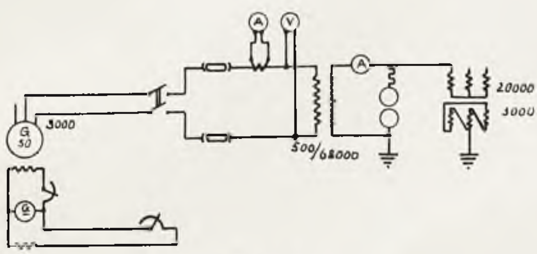
D. Pomiary strat w miedzi wykonane zostały w podobny sposób, jak strat w żelazie z tą jedynie różnicą, iż zamiast napięcia 3000 *V* doprowadzone zostało z tego samego źródła napięcie ok. 1500 *V* i przyłączone do transformatora od strony zacisków 20 *kV;* zaciski zaś 3 *kV* zostały zwarte. Do pomiaru transformatorów u odbiorcy użyto tego samego źródła prądu, co w lektrowni, prąd zaś doprowadzono zapomocą drugiej linji zasilającej.

Straty w miedzi wynosiły przy transformatorach E ok. 38 *kW* przy 1450 *V*, i tempera-

turze 10°; przy transformatorach 0 ok. 37 *kW* przy 1278 *V* i temperaturze 6,5°, cos φ = 0,13 do 0,14. Przeliczone na temperaturę 75° wynosiły straty w miedzi 42,3 do 43,5 *kW*, to jest ok. 10 do 13,7% więcej od gwarantowanych.

E. Napięcie zwarcia w transformatorach E wynosiło po przeliczeniu na 75° ok. 7,05% zamiast 6,9% gwarantowanych (różnica + 2 %). W transformatorach 0 wynosiło napięcie zwarcia po przeliczeniu 6,4% do 6,56% zamiast 6,78% gwarantowanych (różnica — 3,2 do — 5,6%).

F. Próba izolacji na przebicie. Uwaga. 1. Przed próbami izolacji wykonana została próba oleju izolacyjnego na przebicie. Wszystkie transformatory wykazały wytrzymałość ok. 150 *kV/cm*. 2. Transformatory by-



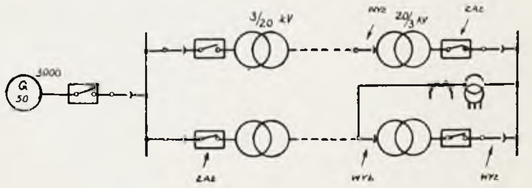
Rys. 6

ły już raz w fabryce badane napięciem 50 *kV*. Aby izolacji zbytecznie nie naprężać, przyjęto napięcie próbne w porozumieniu z przedstawicielem dostawcy na 40 *kV* dla uzwojeń 20 *kV*, i 6 *kV* dla uzwojeń 3 *kV* względem pozostałych uzwojeń i ziemi. Czas trwania 1 minuta. Do tej próby uruchomiono w elektrowni osobne źródło prądu, którego napięcie regulowano, jak opisano wyżej pod C. U odbiorcy również uruchomiono osobne źródła prądu, którego napięcie regulowano za pośrednictwem telefonu, ustawionego obok regulatora napięciowego. Dla uzyskania wysokiego napięcia ustawiono obok transformatora badanego jednofazowy transformator 500/68000 *V*. Przy próbie posługiwania się iskiernikiem kulowym o średnicy kul 62,5 *mm*. Schemat połączeń wkazany jest na rys. 6. Wszytkie transformatory wytrzymały próbę. Podczas próby pobierał transformator prąd pojemnościowy na wysokim napięciu o wielkości ok. 0,08 do 0,1 *A*. Odpowiada to mocy ok. 3 do 4 *kVA*. Pojemność transformatora wynosi ok. 6 do 8, 10 — 3 μF (mikrofarada).

G. Próba izolacji międzyzwojowej. Próbę wykonano napięciem trójwazowem ok. 4100 *V* (do 4150 *V*) o częstotliwości normalnej, które przyłożono do uzwojeń 3000 V, czyli podwyżka napięcia wynosiła ok. 37%. Transformatory E pobierały prąd ok. 68 do 69 *A*. Transformatory 0 ok. 50 do 55 *A*. Próba trwała 5 minut. Do próby tej uruchomiono również specjalne źródło prądu w elektrowni, które dawało napięcie ok. 670 *V*. Napięcie to zapomocą jednego z transformatorów badanych (3150/21200 *V*) przetwarzano na napięcie 4100 *V* i doprowadzono do uzwojeń 3 *kV* drugiego transformatora. Podobny był przebieg prądu przy próbach transformatora 0. (Porównaj schemat rys. 7).

H. Próba biegu równoległego. Wszystkie transformatory połączono grupami równolegle oraz obciążono je u odbiorcy największym rozporządzalnym obciążeniem. Obciążenie rozkładało się zupełnie równomiernie.

Następnie połączono 2 transformatory równolegle na górnym i dolnym napięciu, przestawiwszy zaczepy na jednym o + 3%, na drugim 0 — 3%. Transformatory pobierały



Rys. 7

(wzgl. oddawały) prąd o wielkości zgodnej z obliczeniem:

$$\begin{array}{rr} & 20085\ V \\ - & 18915\ " \\ \hline \triangle^{0} = & 1170\ V \end{array}$$

$$J = \frac{1170.100.710}{(20085-18915).6,5} = 330\,A$$

J. Pomiar nagrzania. Jedną linię obciążono u odbiorcy i utrzymywano obciążenie przez ok. 25 godzin; niestety nie można było osiągnąć całkowitego obciążenia transformatora. Podczas ostatniej ¼ części okresu trwania pomiaru nagrzania wynosiły średnio u odbiorcy napięcie: 2966 *V*, prąd 657 *A* i moc 2132 *kW*, czyli moc pozorna 3380 *kVA*. Nagrzanie uzwojeń ponad otoczenie obliczone z pomiaru oporów wynosiło w tych warunkach dla 3 *kV* okrągłe 44°, dla 20 *kV* 49°.

Straty obliczone dla warunków pomiaru, jak również dla danych znamionowych transformatora zestawione są w następującej tablicy.

Transformator 0	w warunkach pomiaru	w warunkach znamionowych
siła elektromotoryczna	3043 *V*	3361 *V*
straty w żelazie	12,0 *kW*	16,5 *kW*
„ w uzwoj. górnego nap.	15,3 „	17,95 „
„ „ dolnego nap.	12,3 „	14,4 „
„ dodatkowe	7,8 „	9,1 „
	47,4 *kW*	57,95 *kW*

Ponieważ w przybliżeniu przyrost temperatury transformatora jest proporcjonalny do ¾ potęgi strat, obliczono przyrost temperatury dla mocy znamionowej.

Δt oleju w górnej warstwie $= 57 - 8{,}5 = 48{,}5^0\,C$ w warunkach pomiaru

Δt w warunkach znamionowych =

$$= \left(\frac{57{,}95}{47{,}4}\right)^{3/4} \cdot 48{,}5 = 56{,}5^0\,C$$

Podobnie dla uzwojeń $20\,kV$ znaleziono $\Delta t = 57{,}5$

Podobnie dla uzwojeń $3\,kV$ znaleziono $\Delta t = 51{,}5$

Równocześnie w elektrowni pracował transformator E, którego nagrzanie obliczone z przyrostu oporów wynosiło dla uzwojeń dolnego napięcia 48,4° C, dla uzwojeń dolnego napięcia 55,2° C. Dla tego transformatora przeprowadzono analogiczne przeliczenie strat w warunkach pomiaru i w warunkach znamionowych.

Transformator E	w warunkach pomiaru	w warunkach znamionowych
napięcie po stronie pierwotn.	3234 V	3360 V
siła elektromotoryczna	3136 V	3255 V
straty w żelazie	14,1 kW	15,8 kW
„ w uzwoj. górnego nap.	17,3 „	18,1 „
„ „ dolnego nap.	14,85 „	15,5 „
„ dodatkowe	8,66 „	9,03 „
	54,91 kW	58,43 kW

Przyrost temperatur dla warunków znamionowych znaleziono, jak przy transformatorze 0:

$$\Delta t \text{ oleju} = \left(\frac{58{,}43}{54{,}91}\right)^{3/4} \cdot 55{,}2 = 60{,}8^0 C$$

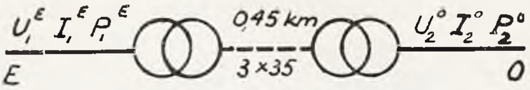
dla uzwojeń górnego napięcia $\Delta t = 57{,}0^0\,C$

dla uzwojeń dolnego napięcia $\Delta t = 50{,}6^0\,C$

Przyrosty temperatury leżą zatem naogół w granicach dopuszczalnych.

Zauważyć należy, że przyrosty temperatury w warunkach pracy są większe w transformatorze E, niż O, co jest jasne, jeśli się uwzględni straty transformatorów i kabla. Należało więc zasadniczo zamówić nieco większy transformator E.

K. Sprawdzenie dokładności pomiarów. W opisanych wyżej warunkach pracy zachodziła możliwość dokładnego pomiaru mocy elektrycznej zarówno po stronie $3\,kV$ u odbiorcy, jak i w elektrowni. Odczytano zatem możliwie równocześnie (średnia z 11 odczytów) prąd, napięcie i moc (por. rys. 8).



Rys. 8

$U_2^0 = 2975\ V$	$U_1^E = 3195\ V$
$J_2^0 = 674\ A$	$J_1^E = 743\ A$
$P_2^0 = 2214\ kW$	$P_1^E = 2432\ kW$
$3480\ kVA$	$4110\ kVA$
$\cos\varphi_2^0 = 0{,}63$	$\cos\varphi_1^E = 0{,}595$

Wartości zmierzone u odbiorcy (O_2) przeliczono następnie na stronę pierwotną w elektrowni w sposób następujący:

procentowy spadek napięcia

$$\mu_\varphi = \mu'_\varphi + 100 - \sqrt{1000 - (\mu''_\varphi)^2}$$

$$\mu_\varphi = \mu_r \cos\varphi_2 + \mu_s \sin\varphi_2$$

$$= 1{,}03\ .\ ,63 + 6{,}32 \cdot 0{,}775 = 5{,}55\%$$

$$\mu_s = \sqrt{\mu_z^2 - \mu_r^2} = \sqrt{6{,}40^2 - 1{,}03^2} = 6{,}32\%$$

$$\mu_\varphi = \mu_s \cos\varphi_2 - \mu_r \sin\varphi_2$$

$$= 6{,}32 \cdot 0{,}63 - 1{,}03 \cdot 0{,}775 = 3{,}18\%$$

$$\mu_\varphi = 105{,}55 - \sqrt{10000 - 3{,}18^2} = 5{,}6\%$$

$$\mu_\varphi = \frac{516}{100}\, 3270\ V = 183\ V \text{ przy } 711\ A$$

przy prądzie $674\ A$ będzie

$$\mu_\varphi = 183\ \frac{674}{711} = 173\ V$$

$$U_2^0 = 2975 + 173 = 3148\ V,\ U_1^0 =$$

$$= 3148 \cdot \frac{20085}{3270} = 19320\ V$$

Suma strat w transformatorze

$$= 49{,}0\ kW$$

$$P_1^0 = 2214 + 49 = 2263\ kW$$

Prąd biegu luzem

$$J_m^0 = 16\ A$$

$$J_1^0 = 674 + 16\ \frac{1}{6{,}13} = 111{,}6\ A$$

$$\cos\varphi_1^0 = 0{,}606$$

W kablu łączącym O i E powstają spadki napięcia pod wpływem oporności i indukcyjności kabla. Założono (na podstawie Pożaryskiego: „Elektryk“ str. 346), że współczynniki kabla wynoszą

$$\omega L = 0{,}112 \, omów/km \qquad C = 0177 \mu F/km$$

$$JR = 111{,}6 \; \frac{4500}{55.35} = 261 \; V \text{ na fazę}$$

$$J\omega L = 111{,}6 \cdot 4.5 \cdot 0{,}112 = 56 \; V \text{ na fazę}$$

Napięcie na fazę $U_f = \frac{19320}{\sqrt{3}} = 11150 \; V$

Dodane geometrycznie 11150 + 261 + 56 =

= 11353 V na fazę, czyli

$$U^E_2 = 11353 \cdot \sqrt{3} = 19670 \; V$$

$$J_c = 4{,}5 \, . \, 314 \, . \, 0{,}177 \, . \, 10^{-6} \, . \, 19670 = 4{,}9 \; A$$

$$J^E_2 = 111{,}6 + 4{,}9 = 108 \; A$$

Straty w kablu wynoszą 97,2 kW

$$P^E_2 = 2263 + 97 = 2360 \; kW$$

$$\cos \varphi^E_2 = 0{,}643, \; \sin \varphi^E_2 = 0{,}765$$

Analogicznie jak wyżej obliczamy dla transformatora E

$$\mu_r = 1{,}06\% \qquad \mu_s = 7{,}02\%$$

$$\mu'_\varphi = 1{,}06 \times 0{,}643 + 6{,}93 \, . \, 0{,}765 = 5{,}98\%$$

$$\mu_s = \sqrt{(7{,}02)^2 - (1{,}04)^2} = 6{,}93\%$$

$$\mu''_\varphi = 6{,}93 \, . \, 0{,}643 - 1{,}06 \, . \, 0{,}765 = 3{,}64\%$$

$$\mu_\varphi = 105{,}98 - \sqrt{10000 - 3{,}64^2} =$$

$$= \frac{6{,}05}{100} \, . \, 19670 = 1188 \; V \text{ przy prądzie } 112{,}5 \; A$$

Przy prądzie 108 A

$$\mu_\varphi = \frac{1188 \cdot 108}{112{,}5} = 1140 \; V$$

$$U^E_2 = 19670 + 1140 = 20810 \; V$$

$$U^E_1 V = 20810 \; \frac{3150}{20564} = 3200 \; V$$

Straty w transformatorze E wynoszą 52,7 kW

$$P^E_1 = 2360 + 53 = 2413 \; kW$$

$$J^E_m = 20{,}2 \; A, \quad J^E_1 = 108 \, . \, 6{,}5 + 20{,}2 = 717 \; A$$

$$\cos \varphi^E_1 = 0{,}698$$

Zestawienie wartości obliczonych i zmierzonych bezpośrednio w E

	obliczono	zmierzono	różnica	w %
V	3200	3195	—	0
kW	2413	2432	—19	0,8
$A.$	717	743	—26	3,5

Dokładność pomiaru jest zatem zadawalniająca uwzględniając, że odczyty robione były równocześnie w 2 odległych miejscach, a więc równoczesność była w każdym razie trudna do osiągnięcia. Większa różnica w amperach pochodzi od pojemności kabla, która nie jest znana i prawdopodobnie odbiega od wartości przyjętych w obliczeniu.

PRZEGLĄD WYDAWNICTW.

Kalendarz Chemiczny, nakładem Związku Inżynierów Chemików Rzeczypospolitej Polskiej. Warszawa 1937.

Z radością należy powitać ukazanie się tego pożytecznego wydawnictwa; dotychczas chemicy polscy skazani byli wyłącznie na korzystanie z drogich wydawnictw obcojęzycznych, najczęściej z Chemiker-Kalender. W treści Kalendarza widzimy troskę o to, aby w szczupłych rozporządzalnych ramach dać o ile można najwięcej potrzebnych wiadomości. Trzeba przyznać, że Komitet Redakcyjny wywiązał się z tego trudnego zadania stosunkowo dobrze.

Dział I Informacyjny zawiera krótkie zestawienie organizacyj grupujących chemików polskich, pracowni chemicznych i szkolnictwa.

Dział II Ogólny — po krótkim dziale matematycznym z tablicami logarytmicznymi. daje zestawienie i przeliczenie jednostek, następnie bardzo ważne dla inżynierów ruchowych tablice gęstości roztworów najważniejszych kwasów i zasad, prócz tego rozpuszczalności szeregu soli w nieorganicznych i organicznych rozpuszczalnikach obok zestawienia własności tych ostatnich. Dalsze tablice zawierają szereg danych fizycznych dla różnych gazów, cieczy i ciał stałych. Obok danych podstawowych podawanych zawsze przez wszelkie tablice i kalendarze są i inne, wskazujące na dbałość autorów działu o przystosowanie Kalendarza do codziennych potrzeb chemika w fabryce i laboratorium np.: podanie barwnej skali temperatur, temperatur krzepnięcia stopów łatwotopliwych, charakterystycznych danych dla szeregu termopar i t. d.

Dział III — Fizyko-chemiczny zawiera suche zestawienie definicyj i wzorów podstawowych praw chemji fizycznej, garść wiadomości o nowoczesnych poglądach na budowę materii i nieco stałych potrzebnych do badań fizyko-chemicznych. Stwierdzić niestety należy, że

same suche definicje praw nie nawiele się inżynierom-praktykom przydadzą, a przede wszystkim dla nich Kalendarz został stworzony, właściwsze byłoby może powiązanie tych praw z procesami technologicznymi, konsekwencje kinetyki, prawa działania mas, nieco o reakcjach kontaktowych. Jest rzeczą zrozumiałą, że braki te wynikły z szczupłych z konieczności rozmiarów wydawnictwa; a przydałoby się też nieco fizyki, tak często stosowanej przez inżyniera chemika, choćby samej optyki z analizą spektralną, badaniami polarymetrycznymi i refraktometrycznymi, analizy rentgenowskiej i t.d.

Dział IV zawiera zestawienie podstawowych własności szeregu związków nieorganicznych i organicznych. Dział ten jest stosunkowo obszerny, znajdziemy tu dane tyczące pokaźnej ilości ponad 900 substancyj chemicznych, wszystkich najpospolitszych, a prócz tego i całego szeregu rzadziej spotykanych.

Dział V Analityczny został potraktowany przez autorów Kalendarza „po macoszemu". Znajdujemy w nim z dziedziny analizy jakościowej jedynie systematyczną analizę grupową, z ilościowej — analizę objętościową wraz z tabelą wskaźników, nieco liczb ułatwiających przeliczenia i obszerne zestawienie bibliografii analizy technicznej. Wprawdzie już we wstępie redakcja tłumaczy nie zamieszczenie analizy technicznej brakiem miejsca, jednak można sądzić, że z korzyścią dla czytelników byłoby nawet ograniczenie innego z działów np.: informacyjnego, czy materjałoznawstwa, na korzyść analitycznego. Podanie samych tylko tablic grupowej systematycznej analizy jakościowej uie jest szczęśliwe, jeśli bowiem, jak się często zdarza chodzi nam o stwierdzenie obecności jednego jakiegoś kationu, czy anionu, to szukanie go w tablicach i następnie wykonywanie całej analizy wg. grup jest uciążliwe; bardzo byłoby pożądane podanie tu typowych reakcyj dla najczęściej spotykanych pierwiastków, tablic zabarwień płomienia, perełki boraksowej. Miejmy nadzieję, że przyszłe wydania Kalendarza przyniosą nam mocno rozszerzony dział analityczny.

Dział VI Przemysłowo-prawny podaje ważniejsze przepisy prawa przemysłowego, patentowego, pism zapieczętowanych, bezpieczeństwa i higieny pracy. Zamieszczenie tych przydatnych dla każdego inżyniera wiadomości jest bardzo szczęśliwym pomysłem redakcji wydawnictwa. Ponieważ, rzecz zrozumiała, nie można było wszystkich przepisów podać, mamy tu więc zestawienie gdzie dane rozporządzenie można znaleźć. Ciekawe jest również opracowanie bezpieczeństwa pracy nie tylko ze strony przepisów prawnych, ale również znajdujemy tablice niebezpiecznych temperatur i granic wybuchowości dla szeregu palnych cieczy i gazów, zestawienie wskaźników wykrywających trujące pary i gazy, i odpowiednich pochłaniaczy do masek.

Dział VII zawiera szereg interesujących wiadomości i danych dotyczących najczęściej stosowanych materiałów do budowy aparatów i urządzeń chemicznych. Treść dobrana jest starannie i uwzględnia rzeczywiście najbardziej istotne cechy i odmiany rozpatrzonych materiałów. Znajdujemy tu dość obszerne omówienie drewna, jego gatunków, metod konserwacji, szkła, najważniejszych materiałów ceramicznych i wreszcie różnych metali i ich stopów, prócz tego także opis materiałów pomocniczych jak izolacje, kauczuk i guma, wreszcie smary.

W dziale ostatnim — „Różne" znajdujemy szereg rzeczy ciekawych i pożytecznych. Na wstępie jest bardzo pożądany szczególnie dla pracowników naukowych spis czasopism technicznych i naukowych, znajdujących się w bibliotekach — niestety nie w całej Polsce, a tylko w Warszawie; dalej skorowidz Polskich Norm, pożyteczne zestawienie handlowych i właściwych nazw produktów chemicznych, wreszcie na zakończenie szereg recept na kity.

Reasumując wszystko powyższe, należy stwierdzić, że Kalendarz zestawiony został bardzo trafnie, zawiera wiele wiadomości rzeczywiście najpotrzebniejszych dla każdego chemika, a więc w znacznym stopniu będzie mógł wypełnić swą rolę — zastąpienie podobnych wydawnictw zagranicznych. Pewne usterki i braki miejmy nadzieję że znikną w przyszłych rozszerzonych wydaniach Kalendarza, który oby ukazywał się co roku ku pożytkowi chemików polskich.

S. K. j.

Druk. „Zgoda" J. Klimczak i S-ka. Zielna 47 Tel. 619-57.